

Rec'd PCT/PTO 16 DEC 2004
PCT/DE 03 / 0986204 #2
10/518291

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 12 AUG 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

102 26 915.7

Anmeldetag:

17. Juni 2002

Anmelder/Inhaber:

Infineon Technologies AG, München/DE

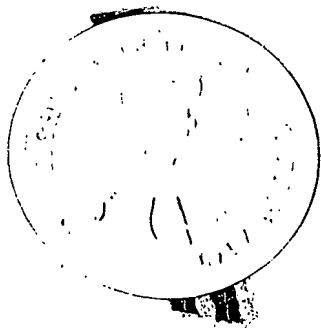
Bezeichnung:

Verfahren zum Verändern von Entwurfsdaten für
die Herstellung eines Bauteils sowie zugehörige
Einheiten

IPC:

H 01 L 21/822

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**



München, den 26. Juni 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hoß



Beschreibung

Verfahren zum Verändern von Entwurfsdaten für die Herstellung eines Bauteils sowie zugehörige Einheiten

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren, bei dem Entwurfsdaten vorgegeben werden, die einen geometrischen Entwurf für ein Bauteil festlegen, z.B. für eine integrierte Schaltungsanordnung oder für ein anderes elektronisches Bauteil.

10

Die Entwurfsdaten sind beispielsweise Rasterdaten, die einzelne Bildpunkte in einem Raster festlegen, oder Vektordaten, die den Entwurf mit Hilfe von Vektoren bestimmter Länge und bestimmter Richtung festlegen. Der Entwurf ist im einfachsten Fall zweidimensional, z.B. bei einem Entwurf für eine Lage einer integrierten Schaltung. Ein dreidimensionaler Entwurf wird bspw. zum Festlegen des Zusammenhangs zwischen verschiedenen Lagen genutzt. Durch den geometrischen Entwurf wird die äußere Form von Elementen des Bauteils festgelegt, z.B. der Umriss einer Leiterbahn oder die Form eines Kontaktloch-Leiterbahn-Bereiches.

15

20

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein einfaches Verfahren zum Verändern von Entwurfsdaten anzugeben, das insbesondere zur Optimierung eines Entwurfs geeignet ist. Außerdem sollen zugehörige Einheiten angegeben werden.

25

Die auf das Verfahren bezogene Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Verfahrensschritte gelöst. Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

30

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden automatisch mehrere Zyklen der folgenden Verfahrensschritte durchgeführt:

- aus den Entwurfsdaten werden veränderte Entwurfsdaten erzeugt und gespeichert, die einen im Vergleich zu dem geometrischen Entwurf der Entwurfsdaten lokal veränderten geometrischen Entwurf festlegen.

35

- Aus den veränderten Entwurfsdaten wird für den veränderten Entwurf ein Bewertungsmaß ermittelt.
- Anschließend wird das Bewertungsmaß für den veränderten Entwurf mit einem Bewertungsmaß für den zu verändernden Entwurf verglichen.
- Abhängig vom Vergleichsergebnis werden die unveränderten Entwurfsdaten beibehalten oder durch die veränderten Entwurfsdaten ersetzt.

Im nächsten Zyklus werden die veränderten Entwurfsdaten als zu verändernde Entwurfsdaten genutzt. Das für die veränderten Entwurfsdaten berechnete Bewertungsmaß wird als Bewertungsmaß für den zu verändernden Entwurf genutzt.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich das bisher überwiegend manuell durchgeführte Optimieren eines Entwurfs automatisch durchführen. Durch das automatische Bewerten der Entwürfe im Rahmen der Optimierung lässt sich auf einfache Art eine automatische Optimierung erzielen.

Durch die lokale Veränderung werden bisher erreichte Vorzüge des Entwurfs im Wesentlichen beibehalten. So werden die außerhalb des lokalen Bereiches liegenden Teile des Entwurfs bei einem Zyklus nicht verändert. Die innerhalb eines lokal zu verändernden Bereiches liegenden Teile lassen sich so verändern, dass bei jedem Zyklus nur vergleichsweise moderat geändert wird.

Die Bewertungsmaße hängen von der Art des Bauteils und der konkreten Struktur des Bauteils ab. Es lässt sich ein einziges Bewertungsmaß berücksichtigen oder ein Gesamtbewertungsmaß, das mehrere Bewertungsmaße einbezieht, die auch zueinander gegenläufige Anforderungen bewerten können.

Der Vergleich der Bewertungsmaße ist im einfachsten Fall beispielsweise die Bildung einer Differenz. Jedoch lassen sich auch andere Vergleichsmethoden nutzen.

Für das Beibehalten bzw. für das Ersetzen der unveränderten Entwurfsdaten werden geeignete Regeln vorgegeben. Diese Regeln sind entweder deterministisch oder von einer Zufallsgröße abhängig. Das Berücksichtigen von Zufallsgrößen bietet die Möglichkeit, auch eine kleine Einbuße bei einem Zyklus hinzunehmen, um den Gesamtentwurf letztlich doch um ein Maß zu verbessern, das nicht erreicht werden könnte, wenn auch bei jedem Zyklus eine Verbesserung auftreten muss.

10

Bei einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Bereich für die lokale Veränderung und die Größe dieses Bereiches ohne Nutzung einer Zufallsfunktion ermittelt bzw. vorgegeben. Alternativ lässt sich der Bereich und seine Größe jedoch auch unter Nutzung einer Zufallsfunktion ermitteln. Durch geeignete Wahl des Verfahrens zum Ermitteln des Bereiches und seiner Größe lässt sich abhängig von dem zu verbessernden Entwurf die für eine bestimmte Verbesserung benötigte Zyklenanzahl verringern.

20

Bei einer nächsten Weiterbildung wird ein Bereich für die lokale Veränderung und die Größe dieses Bereiches gemäß einer Gleichverteilung gewählt. Durch diese Maßnahme wird sichergestellt, dass alle Bereiche des Entwurfs gleichermaßen in das Verfahren einbezogen werden. Alternativ wird der Bereich oder seine Größe mit einer Begünstigung von Bereichen bzw. Größen ausgewählt, die die Veränderung des Bewertungsmaßes hin zum Ziel des Verfahrens besonders beeinträchtigen. Soll das Bewertungsmaß im Verlauf des Verfahrens beispielsweise verkleinert werden, so werden Bereiche begünstigt, in denen das Bewertungsmaß besonders hoch ist. Auch diese Maßnahme führt dazu, dass die Anzahl der für eine bestimmte Verbesserung erforderlichen Zyklen sinkt.

30

35 Bei einer anderen Weiterbildung des Verfahrens zum Verändern von Entwurfsdaten wird für das Erzeugen der veränderten Entwurfsdaten in dem durch die zu verändernden Entwurfsdaten

festgelegten Entwurf ein Bereich ausgewählt, der beispielsweise eine rechteckige Fläche hat. Danach werden die Entwurfsdaten ermittelt, die den Entwurf in den ausgewählten Bereichen betreffen. Die ermittelten Entwurfsdaten werden
5 gemäß einer vorgegebenen Funktion verändert, die eine Geometrieränderung des Entwurfs in dem ausgewählten Bereich bewirkt. Auf diese Art und Weise lassen sich die Entwurfsdaten auf einfache Art verändern.

- 10 Die Geometrieränderung lässt sich mit Hilfe von einfachen Verfahren der Bildbearbeitung durchführen, beispielsweise mit Hilfe von Filterfunktionen oder mit Hilfe einfacher geometrischer Funktionen, wie z.B. eine Verschiebung, eine Spiegelung, eine Drehung, eine Dehnung oder eine Stauchung. Eine
15 einfache Geometrieränderung besteht auch darin, dass der Entwurf des ausgewählten Bereiches durch den Entwurf eines geometrisch ähnlichen Bereiches an einer anderen Stelle des zu verändernden Entwurfs oder durch dem ausgewählten Entwurfsteil ähnliche vorgegebene Entwurfsteile ersetzt wird.
- 20 Die Geometrieränderung ist nicht auf die Größe des zu verändernden Entwurfs beschränkt. Wird beispielsweise auch eine Vergrößerung der Gesamtfläche zugelassen, so lässt sich das Gesamtbewertungsmaß in vielen Fällen trotzdem verbessern.
- 25 Wird bei einer Weiterbildung die Vorgabe für die Geometrieränderung unter Nutzung einer Zufallsfunktion ermittelt, so müssen keine komplizierten Regeln zur Veränderung des Entwurfs vorgegeben werden. Durch Probieren und die anschließende Bewertung der Veränderung lassen sich auf einfache Weise
30 Verbesserungen erzielen.

Als Bewertungsmaß für elektronische Bauteile sind insbesondere die folgenden Bewertungsmaße geeignet:

- die kritische Fläche bezüglich Kurzschlüssen,
- 35 - die kritische Fläche bezüglich Unterbrechungen,
- die Anzahl von Ecken bzw. die Anzahl von Kanten in dem Entwurf,

- die Strombelastbarkeit,
- Koppelkapazitäten,
- die Überlappung von Elementen, sowie
- die Gesamtfläche des Entwurfs.

Die kritischen Flächen werden auch als "critical areas" bezeichnet und werden z.B. unter Annahme kreisförmiger Defekte einer vorgegebenen Größenverteilung ermittelt. Die Größenverteilung wird so gewählt, dass bei der Herstellung des Bauelementes auftretende Defekte möglichst gut nachgebildet werden.

Bei einer Ausgestaltung werden simultan mehrere Entwürfe übereinanderliegender Leitbahnebenen gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren bearbeitet. Auf diese Weise lassen sich die Entwürfe besonders gut beispielsweise hinsichtlich der Koppelkapazitäten oder der Überlappungen zwischen Leitbahnen optimieren.

Bei einer nächsten Weiterbildung ist das Bewertungsmaß ein Gesamtbewertungsmaß, das aus mindestens zwei verschiedenen Bewertungsmaßen ermittelt wird. Bei einer nächsten Weiterbildung werden Wichtungsfaktoren vorgegeben, die bei der Ermittlung des Gesamtbewertungsmaßes aus den einzelnen Bewertungsmaßen verwendet werden. Durch diese Maßnahme lassen sich verschiedene Bewertungsmaße unterschiedlich stark bei der Durchführung des Verfahrens berücksichtigen. Auch ist dadurch die Möglichkeit gegeben, dass bestimmte Bewertungsmaße am Anfang der Durchführung des Verfahrens einen großen Einfluss auf die Veränderungen haben, der dann im Verlauf des Verfahrens zugunsten des Einflusses von Bewertungsmaßen mit einem kleinen Wichtungsfaktor zurückgeht. Die Wichtung wird linear oder auch gemäß einer nicht linearen Funktion ausgeführt.

Bei einer nächsten Weiterbildung wird die Entscheidung über das Ersetzen der unveränderten Ergebnisdaten abhängig von einer Zufallsfunktion durchgeführt. Diese Maßnahme gestattet es, in einem Zyklus nicht nur eine Veränderung durchzuführen,

die sofort zu einer Verbesserung des Entwurfs führen muss. So lassen sich auch Veränderungen, die zu keiner oder nur zu einer unwesentlichen Verschlechterung des Bewertungsmaßes führen, gemäß einer bestimmten Wahrscheinlichkeit übernehmen.

5

Bei einer nächsten Weiterbildung wird die Abhängigkeit der Entscheidung für oder gegen eine Übernahme von der Zufallsfunktion abhängig von der Zyklenanzahl verringert. Das bedeutet, dass am Anfang des Verfahrens häufiger bspw. auch die

- 10 Übernahme von Teilentwürfen zugelassen wird, die zu einer Verschlechterung führen als am Ende des Verfahrens. Solche Verfahren werden auch als simulierten Abkühlen oder als simulated annealing bezeichnet.

- 15 Bei einer anderen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird für die Entwürfe ein Rastermaß gewählt, das gleich der Breite eines Maskenschreibstrahls ist, der zur Übertragung des Entwurfs auf eine Lithografiemaske genutzt wird, z.B. auf eine Fotomaske. Damit lassen sich die mit Hilfe des
- 20 Verfahrens erzeugten Entwürfe ohne zusätzliche Maßnahme einfach auf die Fotomaske übertragen. Bei einer Alternative wird jedoch für die Entwürfe ein Rastermaß gewählt, das kleiner als die Breite des Maskenschreibstrahls ist. Auch eine solche Vorgehensweise führt unter Umständen zu Masken, die zur Be-
- 5 lichtung sehr gut geeignet sind.

Die Erfindung betrifft außerdem eine Datenverarbeitungsanlage und ein Programm, die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens oder einer seiner Weiterbildungen geeignet sind.

- 30 Damit gelten die oben genannten technischen Wirkungen auch für die Datenverarbeitungsanlage und das Programm.

Als Bauteil, dessen Entwurf mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens verbessert wird, ist insbesondere geeignet:

- 35 - eine integrierte Schaltungsanordnung, insbesondere eine Teilschaltung, die in größeren Schaltungsanordnungen sehr oft, z.B. mehr als hundert mal oder sogar mehr als tau-

send mal vorkommt. Dies betrifft die Schaltung einer Speicherzelle, eines Kontaktlochbereichs oder einer Logikgrundfunktion, z.B. eines ODER-Gatters oder eines NAND-Gatters,

- 5 - ein Display, insbesondere ein Flachbildschirm,
 - ein Sensor,
 - ein mikromechanisches Bauteil,
 - eine Leiterplatte, sowie
-
- 10 - ein elektrisches oder elektronisches Bauteil auf Folienbasis.

Jedoch werden auch Bauteile aus anderen technischen Bereichen mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens optimiert.

- 15 Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen erläutert. Darin zeigen:

Figuren 1A bis 1C

- 20 die Optimierung eines Entwurfs gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

Figur 2 das Ergebnis einer Optimierung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

Figur 3 Verfahrensschritte zur Optimierung eines Entwurfs,

Figur 4 den Verlauf einer Bewertungsfunktion für die Stromdichte in einer Leitbahn,

- 30 Figur 5 den Verlauf einer Bewertungsfunktion für eine Überlappung zwischen einer Leitbahn und einem Kontaktloch, und

35 Figur 6 Funktionseinheiten einer elektronischen Schaltung zum Optimieren des Entwurfs.

Figur 1A zeigt einen Entwurf 10 für einen Teil einer integrierten Schaltungsanordnung. Der Entwurf 10 enthält den Umriss 12 einer unverzweigten Leitbahn und den Umriss 14 einer T-förmig verzweigten Leitbahn. Die Umrisse 12 und 14 sind in einem Koordinatensystem 16 dargestellt, das eine x-Achse 18 zur Darstellung eines Rastermaßes in x-Richtung und eine y-Achse 20 zur Darstellung eines Rastermaßes in y-Richtung hat. Der Entwurf 10 hat die Größe von zwanzig Rasterpunkten in x-Richtung und von sechzehn Rasterpunkten in y-Richtung.

Der Umriss 12 wird im Entwurf 10 durch drei Kantenlinien 22, 24 und 26, die von einem Endpunkt T1 bis zu einem Endpunkt T2 verlaufen, und durch drei Kantenlinien 28, 30 und 32, die von einem Endpunkt T3 bis T4 verlaufen. Der Umriss 14 wird durch drei Kantenlinien 34, 36 und 38, die von einem Endpunkt T5 bis zu einem Endpunkt T6 verlaufen, durch vier Kantenlinien 40 bis 46, die von einem Endpunkt T7 bis zu einem Endpunkt T8 verlaufen, sowie durch zwei Kantenlinien 48, 50, die von einem Endpunkt T9 zu einem Endpunkt T10 verlaufen, dargestellt. Zehn Eckpunkte 52 bis 70 liegen jeweils an der Berührungsstelle von zwei Kantenlinien 22 bis 50 mit verschiedenen Richtungen. Die Kantenlinien 22 bis 50 liegen entweder in x-Richtung, in y-Richtung oder in einem Winkel von 45 Grad oder von 135 Grad zur x-Achse 20.

Die Endpunkte T1 und T2 stellen einen linken Anschluss der durch den Umriss 12 dargestellten unverzweigten Leitbahn dar. Die Endpunkte T2 und T4 stellen einen rechten Anschluss der unverzweigten Leitbahn dar.

Die Endpunkte T5 und T7 stellen einen linken Anschluss der durch den Umriss 14 dargestellten verzweigten Leitbahn dar. Die Endpunkte T6 und T10 stellen einen rechten Anschluss der verzweigten Leitbahn dar. Die Endpunkte T8 und T9 stellen einen unteren Anschluss der Leitbahn dar, wobei die Richtungen auf den Entwurf 10 bezogen sind, wie er in der Figur 1B dargestellt ist.

Die Lage der Endpunkte T1 bis T10 wird im Ausführungsbeispiel fest vorgegeben. Das bedeutet, dass bei der Optimierung des Entwurfs 10 die Umrisse 12 und 14 nur innerhalb des zwischen den Endpunkten T1 bis T10 liegenden Bereiches verändert werden dürfen. Die Lage der Endpunkte T1 bis T6 ist dagegen fest.

Figur 1B zeigt einen Entwurf 10a mit einer Verschiebung in einem Verschiebungsbereich 100. Die Verschiebung entsteht bei der Durchführung des unten an Hand der Figur 3 erläuterten Optimierungsverfahren in einem ersten Zyklus. Der Verschiebungsbereich 100 liegt in der oberen linken Ecke des Entwurfs 10 und hat in x-Richtung eine Länge von sieben Rasterpunkten sowie in y-Richtung 20 eine Länge von sechs Rasterpunkten. Innerhalb des Verschiebungsbereiches 100 liegen die Endpunkte T1 und T3. Eine rechte Randlinie 102 des Bereiches 100 schneidet die Kantenlinie 22 an einem Hilfspunkt HT1, der etwa in der Mitte der Kantenlinie 22 liegt. Die rechte Randlinie 102 schneidet die parallel zur Kantenlinie 22 liegende Kantenlinie 28 in einem Hilfspunkt HT2, der etwas rechts des Mittelpunktes der Kantenlinie 28 liegt. Innerhalb des Bereiches 100 sind die Kantenlinien 22 und 28 durch gestrichelte Linien 104 und 106 dargestellt, da die Kantenlinien 22 und 28 dort im ersten Optimierungszyklus in eine zufällig gewählte Richtung und um eine zufällig gewählte Anzahl von Rasterpunkten verschoben werden.

Im Ausführungsbeispiel sei angenommen, dass im ersten Verfahrensschritt die zufällig gewählte Richtung eine Richtung ist, die entgegengesetzt der y-Richtung liegt. Das zufällig gewählte Rastermaß hat den Wert Eins, siehe Verschiebungspfeil 108. Aufgrund der Verschiebung im Verschiebungsbereich 100 wird die gestrichelte Linie 104 um einen Rasterpunkt entgegen der y-Richtung 20 verschoben. Der Endpunkt T1 und der Hilfspunkt HT1 bleiben aber an ihrer ursprünglichen Lage unverändert. Aus der gestrichelten Linie 104 entsteht eine neue

Kantenlinie 110, die parallel zur gestrichelten Linie 104 liegt und an Eckpunkten E1 und E2 endet. Die Eckpunkte E1 und E2 werden dann durch geneigte Kantenlinien 112 und 114 mit dem Endpunkt T1 bzw. dem Hilfspunkt HT1 gitterkonform verbunden d.h. unter Beibehaltung von Nachbarschaftsbeziehungen.

Auf gleiche Weise wird die gestrichelte Linie 106 verschoben. Dabei entsteht eine parallel zur gestrichelten Linie 106 um einen Rasterpunkt nach unten verschobene Kantenlinie 116, die zwischen zwei Eckpunkten E3 und E4 liegt. Anschließend wird eine Kantenlinie 118 erzeugt, die von dem Endpunkt T3 zum Eckpunkt E3 verläuft. Eine Kantenlinie 120 wird so erzeugt, dass sie vom Endpunkt E4 zum Hilfspunkt HT2 verläuft.

Durch die mit Hilfe des Verschiebungspfeils 108 angedeutete Verschiebungsoperation wurde der Umriss 12 der unverzweigten Leitbahn innerhalb des Bereiches 100 um einen Rasterpunkt nach unten verschoben, ohne dabei die Breite des Umrisses 12 zu verändern. Die Verschiebung wurde so ausgeführt, dass sowohl Endpunkte T1 bis T10 als auch Hilfspunkte HT1 und HT2, an denen Kantenlinien 22 bis 50 des Entwurfs 10 Randlinien 102 des Verschiebungsbereiches 100 schneiden, in ihrer Lage unverändert bleiben. Ausgehend von dem veränderten Entwurf 10a werden die unten an Hand der Figur 3 erläuterten Schritte zur Bewertung des veränderten Entwurfs 10a ausgeführt. Wird festgestellt, dass eine Verbesserung des Entwurfs 10 eingetreten ist, so wird der Entwurf 10 immer mit der im Bereich 100 erzeugten Veränderung für das weitere Optimierungsverfahren übernommen. Ist dagegen keine Verbesserung eingetreten, so wird die weitere Optimierung meistens ohne die im Verschiebungsbereich 100 erzeugte Veränderung durchgeführt, d.h. nochmals ausgehend vom Entwurf 10.

In einem nächsten Zyklus des Optimierungsverfahrens wird wieder zufällig ein Verschiebungsbereich ausgewählt, z.B. ein Verschiebungsbereich 122, der weiter in der Mitte des Entwurfs 10 bzw. 10a liegt als der Verschiebungsbereich 100. Der

Verschiebungsbereich 122 ist auch etwas größer als der Verschiebungsbereich 100. Im Verschiebungsbereich 122 wird wiederum eine Verschiebung von Kantenlinien entlang einer zufällig gewählten Richtung und um eine zufällig gewählte Anzahl von Rasterpunkten ausgeführt.

Figur 1C zeigt einen Entwurf 10b, der aus dem Entwurf 10 mit Hilfe des Optimierungsverfahrens erzeugt worden ist, das unten an Hand der Figur 3 erläutert wird. Bei der Optimierung wurden Kurzschlüsse doppelt so hoch gewichtet, wie Unterbrechungen. Die Umrisse 12 und 14 der Leitbahnen haben sich verändert, wobei Umrisse 12b und 14b entstanden sind. Vier Kantenlinien 150 bis 156 liegen nun zwischen den Endpunkten T1 und T2. Zwischen den Endpunkten T3 und T4 liegen nur noch zwei Kantenlinien 156 und 158.

Der Umriss 14b für die verzweigte Leitbahn wird durch zwei Kantenlinien 160 und 162 zwischen den Endpunkten T5 und T6, durch drei Kantenlinien 164, 166 und 168 zwischen den Endpunkten T7 und T8 sowie durch zwei Kantenlinien 170 und 172 zwischen den Endpunkten T9 und T10 gebildet. Im Entwurf 10b gibt es nur noch acht Eckpunkte 180 bis 194. Dadurch vereinfacht sich die Maskenfertigung.

Figur 2 zeigt einen Entwurf 10c, der aus dem Entwurf 10 bei der Durchführung eines Optimierungsverfahrens gemäß Figur 3 entstanden ist, wobei Kurzschlüsse zehnmal so hoch gewichtet worden sind wie Unterbrechungen. Ein Umriss 12c der unverzweigten Leitbahn wird nun durch vier Kantenlinien 200 bis 206 zwischen den Endpunkten T1 und T2 sowie durch drei Kantenlinien 208, 210 und 212 zwischen den Endpunkten T3 und T4 dargestellt. Ein Umriss 14c der verzweigten Leitbahn wird durch drei Kantenlinien 214, 216, 218 zwischen den Endpunkten T5 und T6, durch drei Kantenlinien 220, 222 und 224 zwischen den Endpunkten T7 und T8 sowie durch drei Kantenlinien 226, 228 und 230 zwischen den Endpunkten T9 und T10 dargestellt. Im Entwurf 10c gibt es elf Eckpunkte 250 bis 270. Es ist gut

zu erkennen, dass die Zwischenräume zwischen den Umrissen 12c, 14c der Leitbahnen bzw. die Zwischenräume zwischen den Leitbahnen auf Kosten der Breite der Umrisse 12c, 14c bzw. der Breite der Leitbahnen automatisch verbreitert wurden, um das Entstehen von Kurzschlüssen zu verringern. Die Anzahl der Eckpunkte hat sich nur um einen Eckpunkt erhöht, so dass die Maskenfertigung aufgrund des Entwurfs 10c im Vergleich zum Entwurf 10 nur unwesentlich aufwendiger ist.

10 Figur 3 zeigt Verfahrensschritte zur Optimierung eines Entwurfs für die Herstellung einer integrierten Schaltungsanordnung, beispielsweise zum Optimieren des Entwurfs 10 gemäß Figur 1. Das Verfahren beginnt in einem Verfahrensschritt 300 mit der Vorgabe mehrerer Parameter. Beispielsweise wird eine
15 Schrittzählvariable n auf den Wert Eins gesetzt. Eine Konstante zur Angabe der Schrittzahl N wird beispielsweise auf den Wert Eintausend gesetzt. Ein Gesamtbewertungsmaß GBM wird auf einen sehr kleiner Wert gesetzt, z.B. auf den Wert Minus Zehntausend. Der Wert dieses Gesamtbewertungsmaß GBM soll im
20 Laufe des Verfahrens möglichst groß werden, weil sein Wert umgekehrt proportional mit der Höhe der zu erwartenden Kosten zusammenhängt. Außerdem werden Wichtungsfaktoren $W1$ gleich Zwei und $W2$ gleich Eins vorgegeben, welche die Wichtung eines Bewertungsmaßes für Kurzschlüsse bzw. eines Bewertungsmaßes für Unterbrechungen angeben. Die Vorgabe der Werte im Verfahrensschritt 300 hängt von der Art des zu optimierenden Entwurfs ab. Außerdem wird die Vorgabe der Werte von der Zielrichtung der Optimierung bestimmt, vgl. beispielsweise die Erläuterungen zu den Figuren 1C und 2.

30

In einem Verfahrensschritt 302 wird ein zu optimierender Entwurf vorgegeben, z.B. der Entwurf 10 durch die in einer GDS2-Datei enthaltenen Daten. Der Entwurf 10 ist beispielsweise das Ergebnis eines manuellen Entwurfsprozesses oder das
35 Ergebnis einer früheren automatischen Optimierung, das nun nach anderen Kriterien nachoptimiert werden soll. Der vorge-

gebene Entwurf wird als bisheriger Bestentwurf gespeichert, d.h. als sogenannter "best-ever"-Entwurf.

5 In einem folgenden Verfahrensschritt 304 wird automatisch durch die das Verfahren ausführende Datenverarbeitungsanlage ein Verschiebungsbereich innerhalb des Entwurfs ausgewählt, z.B. der Verschiebungsbereich 100 oder der Verschiebungsbereich 122. Dabei wird beispielsweise eine Zufallsfunktion berücksichtigt. Außerdem wird im Verfahrensschritt 304 die
10 Größe des Verschiebungsbereiches vorgegeben, beispielsweise ebenfalls unter Berücksichtigung einer Zufallsfunktion innerhalb eines vorgegebenen Größenbereiches.

Anschließend wird in einem Verfahrensschritt 306 eine
15 Versatzrichtung und ein Versatzmaß gewählt, wobei beispielsweise wiederum Zufallsfunktionen berücksichtigt werden. In einem folgenden Verfahrensschritt 308 werden dann Teile des zu optimierenden Entwurfs innerhalb des Verschiebungsbereiches 100, 122 gemäß den im Verfahrensschritt 306 bestimmten
20 Werten versetzt. Das Versetzen wurde oben an Hand der Figur 1B für den Verschiebungsbereich 100 erläutert..

In einem Verfahrensschritt 310 werden aufgrund des veränderten Entwurfs, gegebenenfalls nur unter Berücksichtigung des Verschiebungsbereiches 100 zuzüglich eines geeigneten Randbereiches, ein Bewertungsmaß BM1 für das Auftreten von Kurzschlüssen und ein Bewertungsmaß BM2 für das Auftreten von Unterbrechungen berechnet. Dabei werden sogenannte kritische
30 Gebiete berücksichtigt, die für Defekte einer vorgegebenen Größe gelten.

In einem Verfahrensschritt 312 wird ein Gesamtbewertungsmaß GBM für den aktuell durchgeführten Verfahrensschritt berechnet. Dabei werden die Bewertungsmaße BM1, BM2 sowie die Wichtigkeitsfaktoren W1 und W2 verwendet. Beispielsweise gilt die
35 folgende Formel:

$$GBM(n) = W1 \cdot BM1 + W2 \cdot BM2.$$

In einem Verfahrensschritt 314 wird das im Verfahrensschritt 312 berechnete Gesamtbewertungsmaß $GBM(n)$ mit dem für den vorhergehenden Verfahrenszyklus berechneten Gesamtbewertungsmaß $GBM(n-1)$ bzw. beim ersten Zyklus mit dem im Verfahrensschritt 300 vorgegebenen Gesamtbewertungsmaß GBM verglichen. Wird festgestellt, dass sich der Wert des Gesamtbewertungsmaßes im aktuellen Zyklus vergrößert hat, so folgt unmittelbar nach dem Verfahrensschritt 314 ein Verfahrensschritt 316, in welchem die Veränderung des Entwurfs übernommen wird. Außerdem wird der im Verfahrensschritt 312 berechnete Wert für das Gesamtbewertungsmaß bei einer Übernahme der Veränderung als für die Durchführung weiterer Zyklen gültiges Gesamtbewertungsmaß vermerkt.

Wird dagegen im Verfahrensschritt 314 festgestellt, dass sich das Gesamtbewertungsmaß GBM nicht vergrößert hat, d.h. das Gesamtbewertungsmaß GBM ist unverändert geblieben oder hat sich verkleinert, so folgt unmittelbar nach dem Verfahrensschritt 314 ein Verfahrensschritt 318.

Im Verfahrensschritt 318 wird nach einem vorgegebenen Verfahren unter Berücksichtigung einer Zufallsfunktion ermittelt, ob die Veränderung des Entwurfs für das weitere Verfahren übernommen werden oder verworfen werden soll. Eine dabei verwendete Funktion ist. z.B. beim sogenannten Metropolis-Verfahren die Funktion:

$$p = \exp(-\Delta GBM/T),$$

wobei p die Wahrscheinlichkeit für eine Übernahme, \exp die Exponentialfunktion, ΔGBM die Differenz von $GBM(n-1)$ und $GBM(n)$ und T einen Parameter, der mit einer Simulationstemperatur gleichgesetzt werden kann, bezeichnen.

Der Parameter T lässt sich im Verlaufe des Verfahrens beispielsweise gemäß einer der beiden folgenden Formeln verändern:

$$T(n) = T_0/(1+\ln n),$$

$$T(n) = T_0 / (1+n),$$

wobei T_0 eine Konstante bezeichnet, die physikalisch mit einer hohen Temperatur gleichgesetzt werden kann, n die Schrittzählvariable und \ln den natürlichen Logarithmus bezeichnen.

Mit der Exponentialfunktion wird abhängig von der durch die Veränderung hervorgerufenen Verkleinerung des Gesamtbewertungsmaßes GBM ein Wert p bestimmt, der eine Wahrscheinlichkeit angibt, mit der die Veränderung übernommen werden soll. Mit Hilfe eines Zufallsgenerators wird eine Zahl erzeugt, die zufällig in einem Bereich zwischen Null und Eins liegt. Ist der mit Hilfe des Zufallsgenerators erzeugte Zufallswert kleiner als der mit Hilfe der Funktion bestimmte Wert, so wird übernommen. Ist dagegen der Zufallswert größer als der oder gleich dem aus der Funktion entnommenen Wert, so wird die Veränderung des Entwurfs verworfen. Wird der Entwurf übernommen, so wird auch das im Verfahrensschritt 312 berechnete Gesamtbewertungsmaß für das weitere Verfahren übernommen. Wird dagegen die Veränderung verworfen, so wird das im Verfahrensschritt 312 berechnete Gesamtbewertungsmaß ebenfalls als ungültig verworfen.

Sowohl nach dem Verfahrensschritt 316 als auch nach dem Verfahrensschritt 318 folgt unmittelbar ein Verfahrensschritt 319, in welchem geprüft wird, ob der aktuelle Entwurf ein kleineres Gesamtbewertungsmaß als der Bestentwurf hat. Ist das Gesamtbewertungsmaß des aktuellen Entwurfs kleiner als das Gesamtbewertungsmaß des Bestentwurfs, so wird der aktuelle Entwurf als Bestentwurf übernommen. Ist dagegen das Gesamtbewertungsmaß des aktuellen Entwurfs nicht kleiner als das Gesamtbewertungsmaß des Bestentwurfs, so wird der aktuelle Entwurf nicht als Bestentwurf übernommen, so dass sich der Bestentwurf nicht verändert.

In einem dem Verfahrensschritt 319 folgenden Verfahrensschritt 320 wird geprüft, ob der Wert der Schrittzählvariable n bereits den Wert der vorgegebenen Schritttanzahl N erreicht hat. Ist dies noch nicht der Fall, so folgt unmittelbar nach dem Verfahrensschritt 320 ein Verfahrensschritt 322. Im Verfahrensschritt 322 wird der Wert der Schrittzählvariable n um den Wert Eins erhöht. Außerdem wird kontinuierlich oder gemäß einem anderen geeigneten Verfahren die Trennschärfe der unten an Hand der Figur 6 erläuterten Funktion erhöht. Dadurch

erhöht sich auch die Trennschärfe bei der Zufallsauswahl. Die Wahrscheinlichkeit zur Übernahme von Verschlechterungen des Entwurfs sinkt mit zunehmender Anzahl von Verfahrenszyklen.

Nach der Ausführung des Verfahrensschritts 322 wird das Verfahren im Verfahrensschritt 304 mit einem neuen Zyklus fortgesetzt. Das Verfahren befindet sich nun in einer Verfahrensschleife aus den Verfahrensschritten 304 bis 322, die so lange durchlaufen wird, bis im Verfahrensschritt 320 festgestellt wird, dass die Schrittzählvariable n den Wert der Schritttanzahl N erreicht hat. In diesem Fall folgt unmittelbar nach dem Verfahrensschritt 320 ein Verfahrensschritt 324, in dem das Optimierungsverfahren beendet wird. Der als Bestentwurf gespeicherte Entwurf wird als Ergebnis ausgegeben, z.B. in eine Datei.

Das Verfahren lässt sich alternativ oder kumulativ zu der eben erläuterten Abbruchsmöglichkeit auch beenden, wenn die Änderung des Gesamtbewertungsmaßes GBM über k Zyklen ein vorgegebenes Limit unterschreitet, wobei k eine natürliche Zahl größer Zwei ist, z.B. 100. Insbesondere bei größeren k Werten muss davon ausgegangen werden, dass eine "stabile" Lösung erreicht worden ist.

Das an Hand der Figur 3 erläuterte Optimierungsverfahren ist eine Art des simulierten Abkühlens, das gewährleistet, dass bei der Maximierung des Gesamtbewertungsmaßes GBM nicht nur ein lokales Maximum, sondern das globale Maximum gefunden

wird. Das bedeutet, dass abhängig von den Vorgaben im Verfahrensschritt 300 tatsächlich der optimale Entwurf und nicht nur ein suboptimaler Entwurf ermittelt wird.

5. Figur 4 zeigt den Verlauf einer Bewertungsfunktion 400, die bei einem anderen Ausführungsbeispiel zusätzlich für die Ermittlung eines Bewertungsmaßes BMD zur Bewertung der Stromdichte D in dem geänderten Entwurf herangezogen wird. Die Bewertungsfunktion 400 ist in einem Koordinatensystem 402 dargestellt, das eine x-Achse 404 zur Darstellung der Werte der Stromdichte D und eine y-Achse 406 zur Darstellung der Werte des Bewertungsmaßes BMD hat. Im Bereich von sehr kleinen Stromdichten D bis zu einer maximalen Stromdichte D_{max} fällt der Wert des Bewertungsmaßes MD von sehr großen positiven Werten auf einen kleinen positiven Wert gemäß einer fallenden Exponentialfunktion ab. Das Überschreiten der maximalen Stromdichte D_{max} wird "bestraft" durch die Wahl eines sehr großen negativen Wertes für das Bewertungsmaß BMD, weil es sich um eine Verletzung einer Entwurfsregel handelt. Die Stromdichte D wird im Verfahrensschritt 310 für eine Struktur berechnet, die mit Hilfe des geänderten Entwurf hergestellt werden soll. Danach wird für die berechnete Stromdichte D mit Hilfe der Bewertungsfunktion 400 der zugehörige Wert des Bewertungsmaßes D ermittelt und bei der Berechnung des Gesamtbewertungsmaßes GBM mit einem Wichtungsfaktor $W3$ gewichtet.

- Figur 5 zeigt den Verlauf einer Bewertungsfunktion 450 für die Überlappung U einer Leitbahn mit einem darunterliegenden Kontaktloch. Die Bewertungsfunktion 450 ist in einem Koordinatensystem 452 dargestellt, das eine x-Achse 454 zur Darstellung des Wertes der Überlappung U und eine y-Achse 456 zur Darstellung der Werte eines Bewertungsmaßes BMU zur Bewertung der Überlappung hat. Die Werte der Überlappung U können auch negativ werden, wenn keine Überlappung oder ein Abstand quer zur eigentlichen Überlappungsrichtung auftritt. Das Bewertungsmaß BMU hat für negative Werte der Überlappung

U einen großen negativen Wert. Für kleine Überlappungen U hat das Bewertungsmaß BMU einen kleinen positiven Wert. Mit steigender Überlappung U steigt die Bewertungsfunktion 450 dann gemäß einer Exponentialfunktion an.

5

Das Bewertungsmaß BMU wird bei einem nächsten Ausführungsbeispiel im Verfahrensschritt 310 zur Berechnung des Gesamtbewertungsmaßes GBM herangezogen. Ein Wichtungsfaktor W4 dient zur Wichtung des Bewertungsmaßes BMU.

10

Figur 6 zeigt Funktionseinheiten einer elektronischen Schaltung 550, die zum Optimieren des Entwurfs 10 und damit zum Ausführen der an Hand der Figur 3 erläuterten Verfahrensschritte dient. Die Schaltung 550 enthält gemäß einem Ausführungsbeispiel keinen Prozessor, sondern nur Logikschaltungen.

15

Der Entwurf 10 wird in einer Speichereinheit 552 gespeichert. Eine Entwurfsänderungseinheit 554 dient zum Ändern des Entwurfs in einem Verschieberegion 106, 122. Die Entwurfsänderungseinheit 554 greift über ein Bussystem 556 auf die Speichereinheit 552 bidirektional zu. Bewertungsmaßberechnungseinheiten 558 bis 562 dienen zur Berechnung von Bewertungsmaßen BM1 bis BMm, wobei m eine natürliche Zahl zur Bezeichnung des letzten Bewertungsmaßes ist. Die Bewertungsmaßberechnungseinheiten 558 bis 562 lesen die im Speicher 552 gespeicherten Daten des veränderten Entwurfs, z.B. 10a, über ein Bussystem 564.

20

Das Gesamtbewertungsmaß GBM wird in einer Gesamtbewertungsmaß-Berechnungseinheit 566 berechnet, die über Leitungen 568 eingangsseitig mit Ausgängen der Bewertungsmaßberechnungseinheiten 558 bis 562 verbunden ist. Die Berechnungseinheit 566 führt die in Figur 3 für den Verfahrensschritt 312 erläuterte Berechnung des Gesamtbewertungsmaßes durch. Die Berechnungseinheit 566 gibt das berechnete Gesamtbewertungsmaß GBM über eine Leitung 570 an eine Steuereinheit 572 aus, die zur Steuerung des Optimierungsverfahrens dient.

30

35

Die Steuereinheit 572 steuert die anderen Einheiten der Schaltung 550, siehe beispielsweise Steuerleitung 574 zur Steuerung der Entwurfsänderungseinheit 554. Über die Steuerleitung 574 wird beispielsweise die Lage eines Verschiebereiches, z.B. 100, 122, die Richtung, z.B. 108, der Verschiebung und das Verschiebungsmaß vorgegeben.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel enthält die Schaltung 550 auch einen Prozessor 600, der Befehle eines Programms ausführt, das in der Speichereinheit 552 gespeichert ist. Der Prozessor 600 greift auf die Speichereinheit 552 über ein Bussystem 602 zu. Bei der Verwendung des Prozessors 600 werden die Funktionen der Entwurfsänderungseinheit 554, der Bewertungsberechnungseinheiten 558 bis 562, der GBM-Berechnungseinheit 566 und der Steuereinheit 572 beim Ausführen der Befehle des Programms erbracht. An Stelle der Leitungen 568, 570 und 574 werden Übergaben von Parametern in Speicherzellen zum Datenaustausch genutzt.

Während die Verfahrensschritte 316 und 318 für das sogenannte Metropolis-Verfahren des simulierten Abkühlens gelten, wird bei einem nächsten Ausführungsbeispiel sowohl im Verfahrensschritt 316 als auch im Verfahrensschritt 318 eine Zufallsentscheidung abhängig von der Differenz der Gesamtbewertungsmaße getroffen. Als Funktion zum Bestimmen des Vergleichswertes für den Zufallswert, ist bspw. Sigmoidfunktionen geeignet, deren Steilheit vom Wert der Temperatur T abhängt.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel wird an Stelle des Optimierungsverfahrens "simuliertes Abkühlen" ein anderes Optimierungsverfahren eingesetzt:

- beispielsweise wird die Verschiebung ermittelt, die zu der größten Verbesserung des Gesamtbewertungsmaßes GBM in jedem Verfahrenszyklus führt. Ein solches Verfahren ist als Verfahren zur Berechnung des größten Anstieges bzw. Abstieges bekannt (steepest-descent method),

- oder ein sogenannter genetischer Algorithmus, bei dem der Entwurfsbereich aus einem anderen Entwurf gemäß vorgegebener Kriterien übernommen wird, oder
- eine Kombination der genannten Optimierungsverfahren.

5

Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel wird das Gesamtbewertungsmaß verkleinert, um den Entwurf zu verbessern. Dafür ist es erforderlich, die Bewertungsfunktionen so zu wählen, dass

Verbesserungen des Entwurfs zu kleineren Bewertungsmaßen führen.

10

Bezugszeichenliste

10 bis 10c	Entwurf
12 bis 12c	Umriss einer unverzweigten Leitbahn
14 bis 14c	Umriss einer verzweigten Leitbahn
16	Koordinatensystem
18	x-Achse
20	y-Achse
<hr/>	
T1 bis T10	Endpunkt
22 bis 50	Kantenlinie
52 bis 70	Eckpunkt
100	Verschiebungsbereich
102	rechte Randlinie
HT1, HT2	Hilfspunkt
104, 106	gestrichelte Linie
108	Verschiebungspfeil
110	Kantenlinie
E1, E2	Eckpunkt
112 bis 116	Kantenlinie
E3, E4	Eckpunkt
118, 120	Kantenlinie
122	Verschiebungsbereich
150 bis 172	Kantenlinie
180 bis 194	Eckpunkt
200 bis 230	Kantenlinie
250 bis 250	Eckpunkt
300	Start
302	Vorgabe eines Entwurfs -> Bestentwurf
304	Wahl eines Rechtecks
306	Wahl eines Versatzes
308	lokales Ersetzen des Entwurfs
310	Simulation
312	$GBM(n) = f(BM1, BM2, W1, W2)$
314	$GBM(n) > GBM(n-1)?$
316	Übernahme
318	Übernahme abhängig von ΔGBM und Zufallsfunktion
319	Bestentwurf ggf. ändern

320	n = N?
322	n = n+1 und Trennschärfe der Zufallsauswahl erhöhen
324	Ende
n	Schrittzählvariable
N	Schrittanzahl
GBM	Gesamtbewertungsmaß
W1 bis W4	Wichtungsfaktor
BM1	Bewertungsmaß für das Auftreten von Kurzschlüssen
BM2	Bewertungsmaß für das Auftreten von Unterbrechungen
400	Bewertungsfunktion
BMD	Bewertungsmaß für die Stromdichte
D	Stromdichte
Dmax	maximale Stromdichte
402	Koordinatensystem
404	x-Achse
406	y-Achse
450	Bewertungsfunktion
U	Überlappung
452	Koordinatensystem
454	x-Achse
456	y-Achse
BMU	Bewertungsmaß
T	Parameter (Temperatur)
550	Schaltung
552	Speichereinheit
554	Entwurfsänderungseinheit
556	Bussystem
558 bis 562	Bewertungsmaßberechnungseinheit
564	Bussystem
566	Gesamtbewertungsmaß-Berechnungseinheit
568 bis 572	Leitung
574	Steuerleitung
600	Prozessor
602	Bussystem

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verändern von Entwurfsdaten für die Herstellung eines Bauteils, insbesondere einer integrierten Schaltungsanordnung,

bei dem Entwurfsdaten vorgegeben werden (302), die einen zu verändernden geometrischen Entwurf (10) für ein Bauteil festlegen,

bei dem aus den Entwurfsdaten veränderte Entwurfsdaten erzeugt und gespeichert werden (308), die einen im Vergleich zu dem geometrischen Entwurf (10) der Entwurfsdaten lokal veränderten geometrischen Entwurf (10a) festlegen,

bei dem aus den veränderten Entwurfsdaten (10a) für den veränderten Entwurf (10a) ein Bewertungsmaß (BM1, GBM) ermittelt wird (312),

bei dem das Bewertungsmaß (GBM) für den veränderten Entwurf (10a) mit einem Bewertungsmaß (BM1, GBM) für den zu verändernden Entwurf (10) verglichen wird (314),

und bei dem abhängig vom Vergleichsergebnis die unveränderten Entwurfsdaten beibehalten oder durch die veränderten Entwurfsdaten ersetzt werden (316, 318),

wobei automatisch mehrere Zyklen von Veränderungen, Vergleichen und Entscheidungen über das Ersetzen durchgeführt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Bereich (100) für die lokale Veränderung und/oder die Größe dieses Bereiches (100) ohne Nutzung einer Zufallsfunktion ermittelt wird,

oder dass ein Bereich (100) für die lokale Veränderung und/oder die Größe dieses Bereiches unter Nutzung einer Zufallsfunktion ermittelt wird.

5 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Bereich (100) für die lokale Veränderung und/oder die Größe dieses Bereiches (100) gemäß einer Gleichverteilung oder mit einer Begünstigung von Bereichen und/oder Größen ausgewählt wird, die die Veränderung des
10 Bewertungsmaßes (GBM) hin zum Ziel des Verfahrens besonders beeinträchtigen.

15 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für das Erzeugen der veränderten Entwurfsdaten (10a) in dem durch die zu verändernden Entwurfsdaten festgelegten Entwurf ein Bereich (100) ausgewählt wird,

20 dass Entwurfsdaten ermittelt werden, welche den Entwurf in dem ausgewählten Bereich (100) betreffen,

und dass die ermittelten Entwurfsdaten gemäß einer vorgegebenen Funktion verändert werden, die eine Geometrieveränderung des Entwurfs in dem ausgewählten Bereich bewirkt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Geometrieveränderung eine Verschiebung (308) eines Entwurfsteils in dem Bereich (100) um eine vorgegebene Strecke oder um eine vorgegebene Anzahl von Punkten eines Rastermaßes und in einer vorgegebenen Richtung ist,
30

und/oder dass die Geometrieveränderung eine Spiegelung eines Entwurfsteils in dem Bereich (100) an einer vorgegebenen Spiegelachse ist,

und/oder dass die Geometrieveränderung eine Drehung eines Entwurfsteils in dem Bereich (100) um einen vorgegebenen Drehpunkt und einen vorgegebenen Drehwinkel ist,

- 5 und/oder dass die Geometrieveränderung eine gleichmäßige oder ungleichmäßige Dehnung oder Stauchung eines Entwurfsteils in dem Bereich (100) entlang mindestens einer vorgegebenen Richtung und um mindestens einen vorgegebenen Skalierungsfaktor ist,

10

und/oder dass die Geometrieveränderung eine Glättung von Linien eines Entwurfsteils in dem Bereich (100) betrifft,

- und/oder dass die Geometrieveränderung ein Ersetzen des Entwurfsteils in dem ausgewählten Bereich (100) durch einen Entwurfsteil aus einem anderen Bereich des Entwurfs oder durch einen vorgegebenen Entwurfsteil oder durch einen entsprechenden Entwurfsteil eines Entwurfs aus einem früheren Zyklus des Verfahrens ist, wobei der entsprechende Bereich an der gleichen Stelle im Entwurf liegt, wie der ausgewählte Bereich oder eine ähnliche Geometrie wie der ausgewählte Bereich hat,

20

und wobei der entsprechende Bereich vorzugsweise ein Bereich aus dem besten bisher in dem Verfahren ermittelten Entwurf ist,

- und/oder dass die Geometrieveränderung eine Änderung der Gesamtfläche des geänderten Entwurfs (10a) im Vergleich zur Gesamtfläche des zu ändernden Entwurfs (19) bewirkt.

30

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Vorgabe für die Geometrieveränderung unter Nutzung einer Zufallsfunktion ermittelt wird.

35

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Ermitteln des Bewertungsmaßes eine für den veränderten Entwurf oder Bereich (100) ermittelte kritische Fläche bezüglich Kurzschlüssen und/oder eine für den veränderten Entwurf (10a) oder in dem Bereich (100) ermittelte kritische Fläche bezüglich Unterbrechungen ermittelt wird (310),

und/oder dass beim Ermitteln des Bewertungsmaßes die Anzahl von Ecken (E1 bis E4) oder die Anzahl von Kanten (110 bis 120) in dem veränderten Entwurf (10a) oder in dem Bereich (100) ermittelt wird,

und/oder dass beim Ermitteln des Bewertungsmaßes die Strombelastbarkeit (D) mindestens einer Struktur ermittelt wird, die mit Hilfe des Entwurfs (10, 10a) hergestellt werden soll,

und/oder dass beim Ermitteln des Bewertungsmaßes die Koppelkapazität zwischen einem Element einer herzustellenden integrierten Schaltungsanordnung und mindestens einer Struktur ermittelt wird, die mit Hilfe des Entwurfs (10, 10a) hergestellt werden soll,

und/oder dass beim Ermitteln des Bewertungsmaßes die Überlappung (U) zwischen einem Element einer herzustellenden integrierten Schaltungsanordnung und mindestens einer Struktur ermittelt wird, die mit Hilfe des Entwurfs (10, 10a) hergestellt werden soll,

und/oder dass beim Ermitteln des Bewertungsmaßes die Gesamtfläche des geänderten Entwurfs (10a) berechnet wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bewertungsmaß ein Gesamtbewertungsmaß (GBM) ist, das aus mindestens zwei verschiedenen Bewertungsmaßen (BM1, BM2) ermittelt wird,

und/oder dass Wichtungsfaktoren (W1, W2) mit voneinander verschiedenen Werten vorgegeben und zur Wichtung der Bewertungsmaße (BM1, BM2) bei der Ermittlung des Gesamtbewertungsmaßes (GBM) verwendet werden.

5

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Entscheidung über das Beibehalten und/oder das Ersetzen der unveränderten Entwurfsdaten abhängig von einer Zufallsfunktion durchgeführt

10 wird (316, 318).

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Abhängigkeit der Entscheidung von der Zufallsfunktion abhängig von der Anzahl der Zyklen (n) verringert wird.

15

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für einen Entwurf (10, 10a) ein Rastermaß gewählt wird, das gleich der Breite eines Maskenschreibstrahls ist, der zur Übertragung des Entwurfs (10, 10a) auf eine Lithografiemaske genutzt wird,

20

oder dass für einen Entwurf (10, 10a) ein Rastermaß gewählt wird, das kleiner als die Breite des Maskenschreibstrahls ist.

12. Datenverarbeitungsanlage (550) zum automatischen Verändern von Entwurfsdaten für die Herstellung eines Bauteils, insbesondere einer integrierten Schaltungsanordnung,

30

mit einer Speichereinheit (552) zum Speichern von zu verändernden Entwurfsdaten, die einen zu verändernden geometrischen Entwurf (10) für ein Bauteil festlegen,

35 mit einer Änderungseinheit (554), die aus den Entwurfsdaten veränderte Entwurfsdaten eines veränderten Entwurfs (10a) erzeugt und in der Speichereinheit (552) speichert,

mit einer Bewertungsmaßermittlungseinheit (558 bis 562), die aus den veränderten Entwurfsdaten ein Bewertungsmaß (GBM) ermittelt,

5

mit einer Vergleichseinheit, die das Bewertungsmaß (GBM) für den veränderten Entwurf (10a) mit einem Bewertungsmaß für den zu verändernden Entwurf vergleicht,

10 und mit einer Steuereinheit (572), die abhängig von dem Vergleichsergebnis die unveränderten Entwurfsdaten beibehält oder durch die veränderten Entwurfsdaten ersetzt,

und die automatisch die Durchführung mehrerer Zyklen von
15 Veränderungen, Vergleichen und Entscheidungen über das Ersetzen veranlasst.

13. Datenverarbeitungsanlage (550) nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch mindestens eine weitere Einheit,
20 bei deren Betrieb ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11 ausgeführt wird.

14. Programm oder Datenspeicher mit einem Programm, das eine Befehlsfolge enthält, bei deren Ausführung durch einen Prozessor (600) ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11 ausgeführt wird.

Zusammenfassung

Verfahren zum Verändern von Entwurfsdaten für die Herstellung eines Bauteils sowie zugehörige Einheiten

5

Erläutert wird ein Verfahren, bei dem Entwurfsdaten vorgegeben werden, die einen geometrischen Entwurf (10) für ein Bauteil festlegen. Aus dem Entwurf wird ein veränderter geometrischer Entwurf erzeugt, beispielsweise durch Verschiebungen in einem Bereich (100). Für beide Entwürfe werden Bewertungsmaße ermittelt und verglichen. Abhängig vom Vergleichsergebnis werden die unveränderten Entwurfsdaten beibehalten oder durch veränderte Entwurfsdaten ersetzt. Dieses Verfahren wird mehrere Zyklen hintereinander ausgeführt, um den Entwurf zu optimieren.

10

15

(Figur 1B)

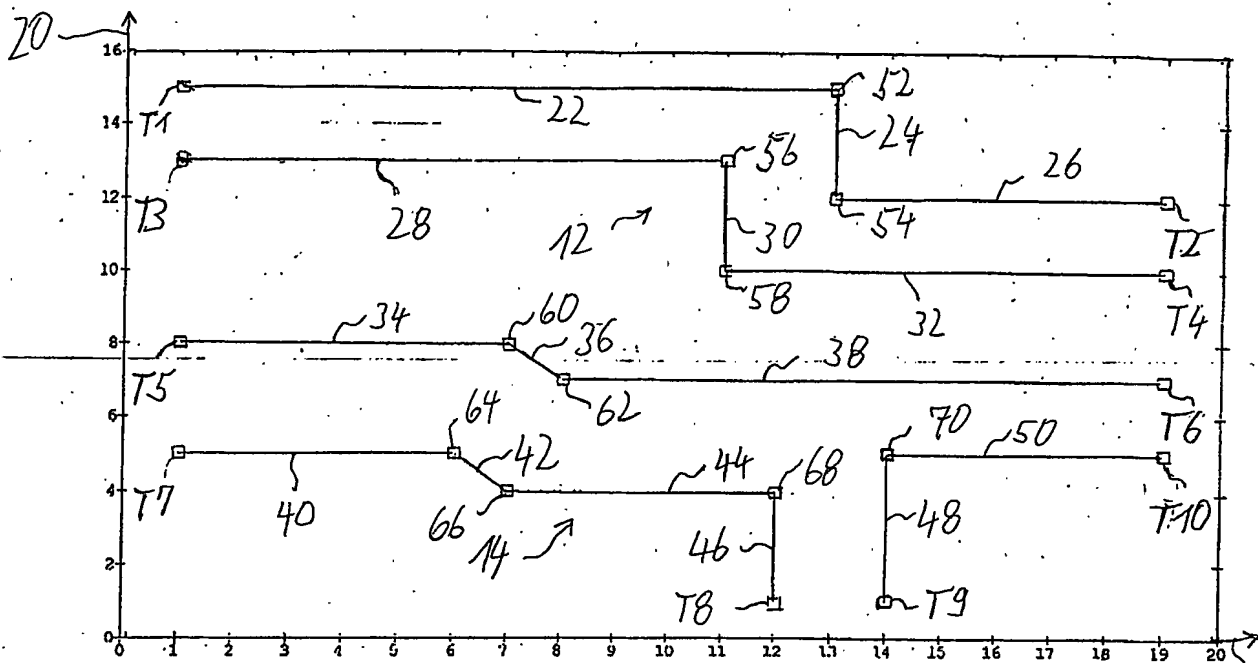


Fig. 1A

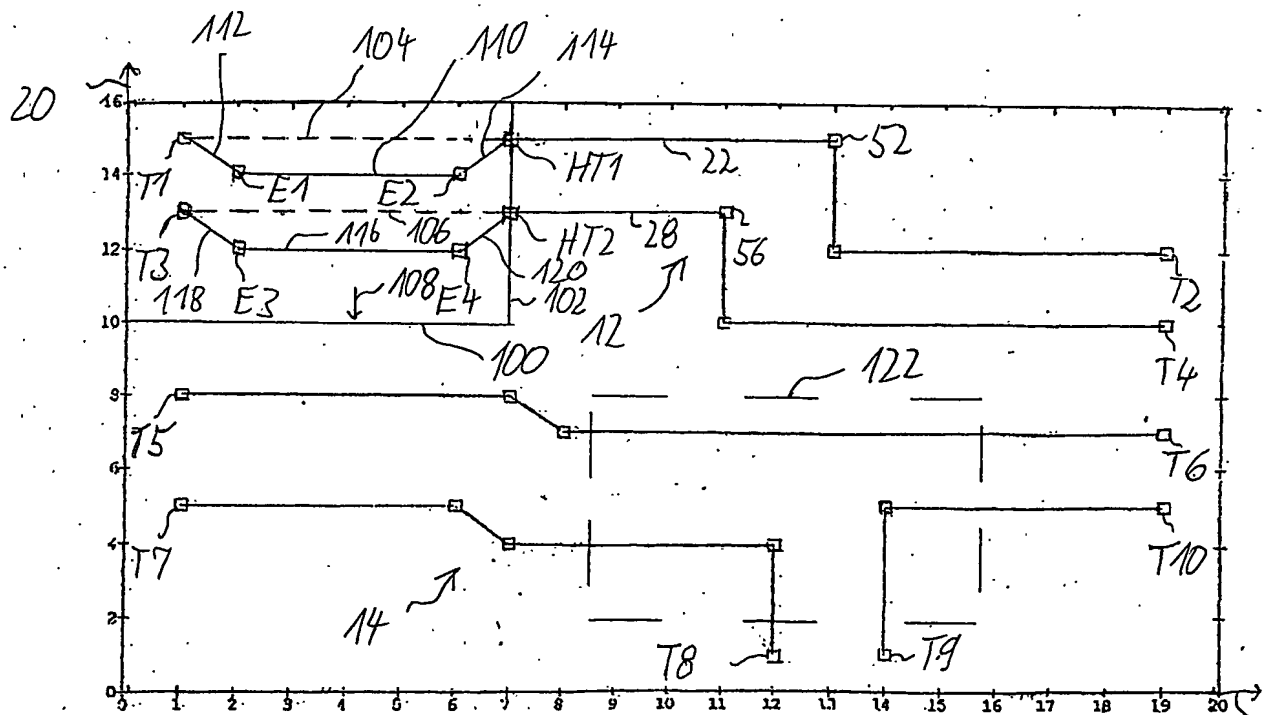
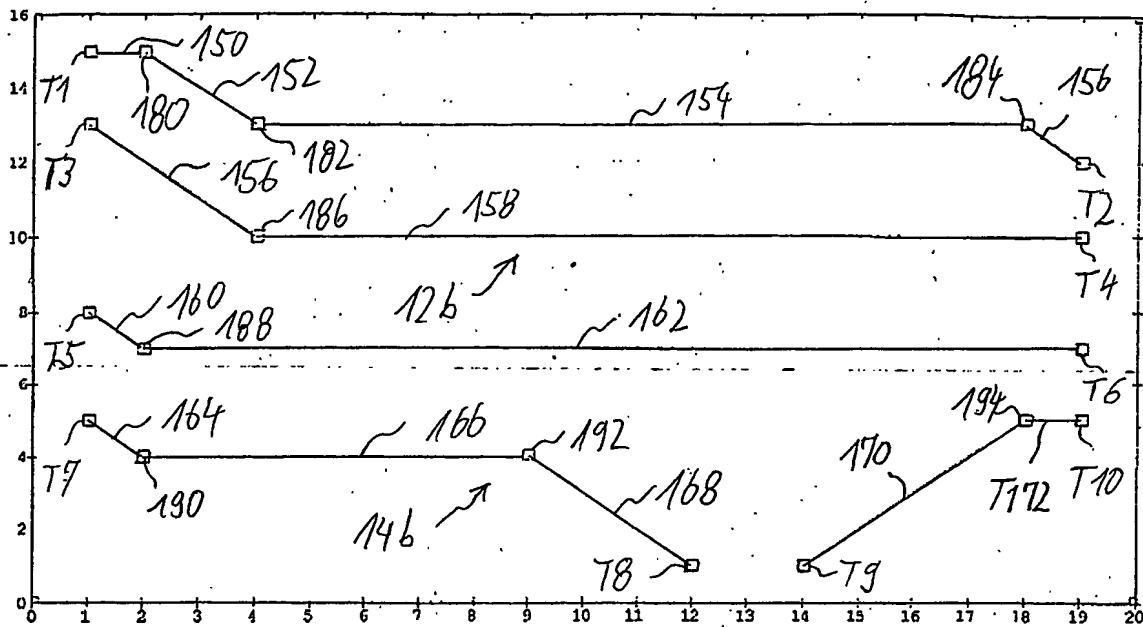
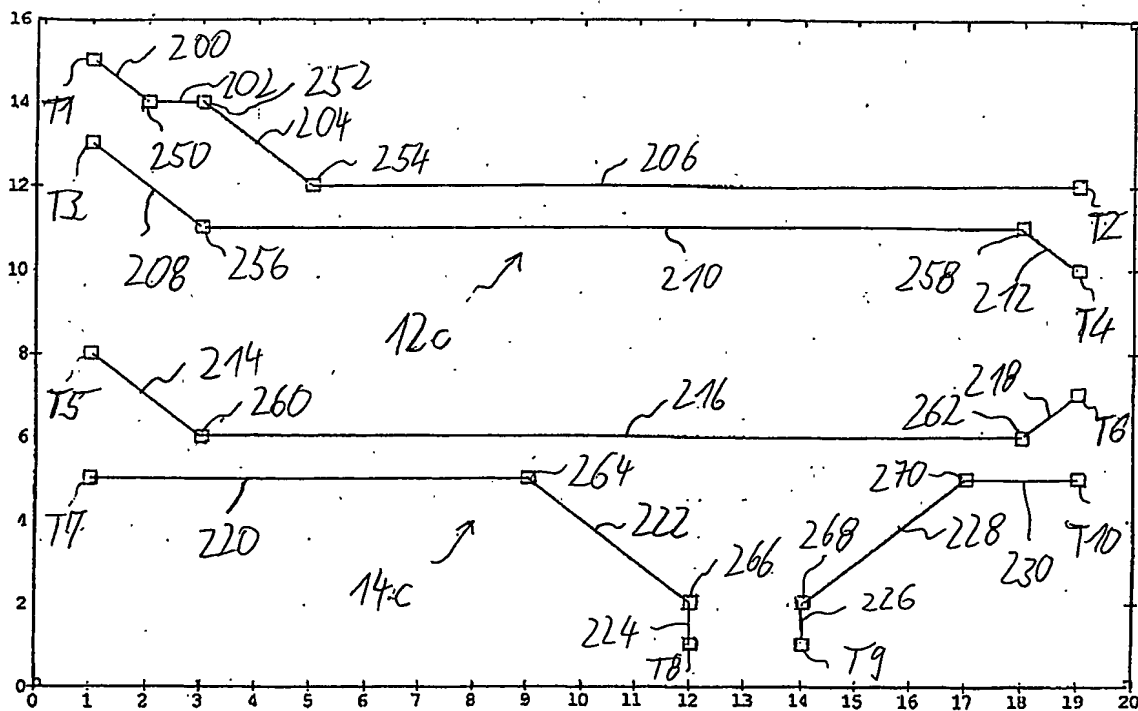


Fig. 1B



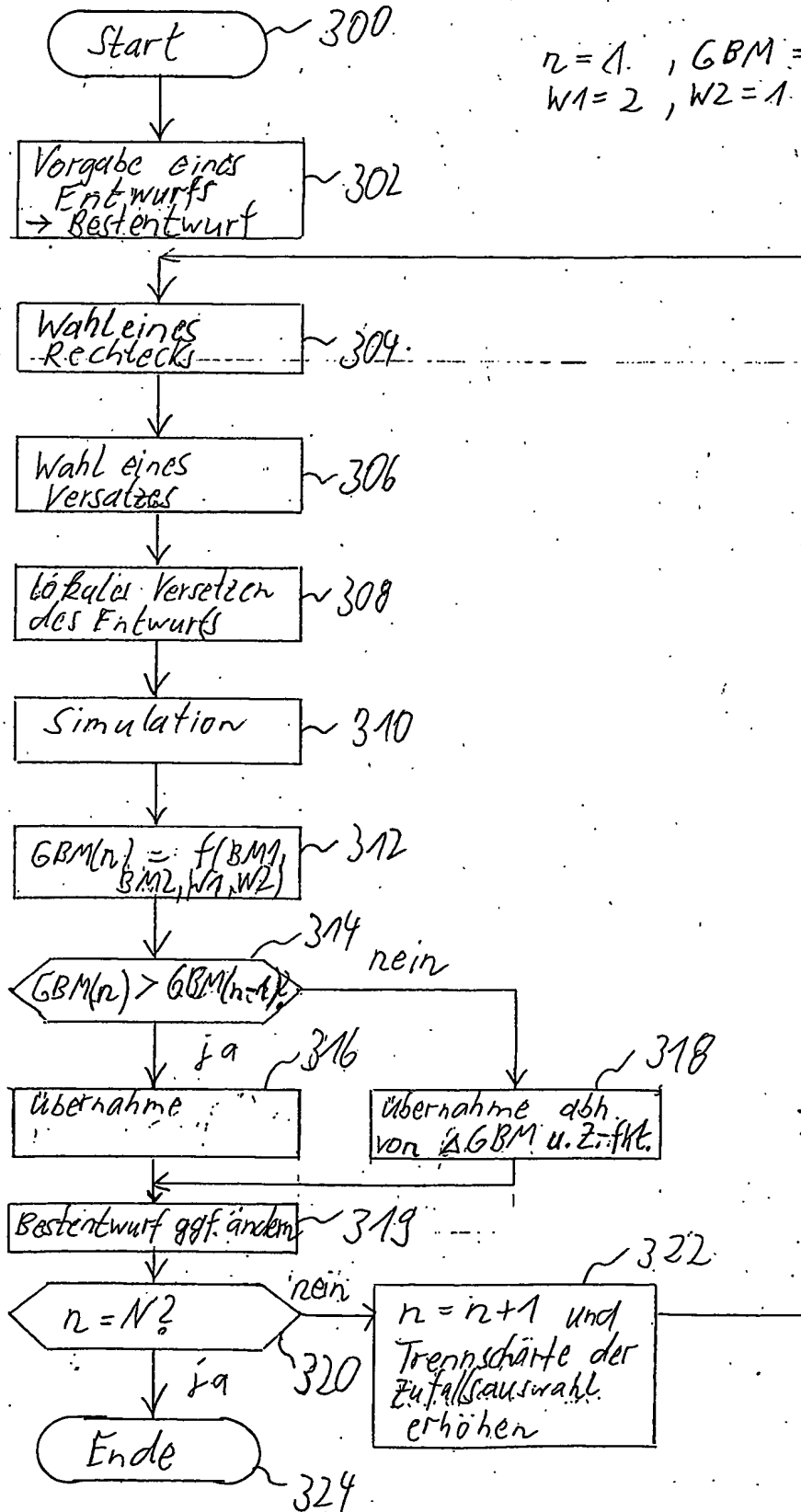
106 ↗

Fig. 1C



10c ↗

Fig. 2



$n = 1$, $GBM = -10.000$
 $W1 = 2$, $W2 = 1$, usw.

Fig. 3

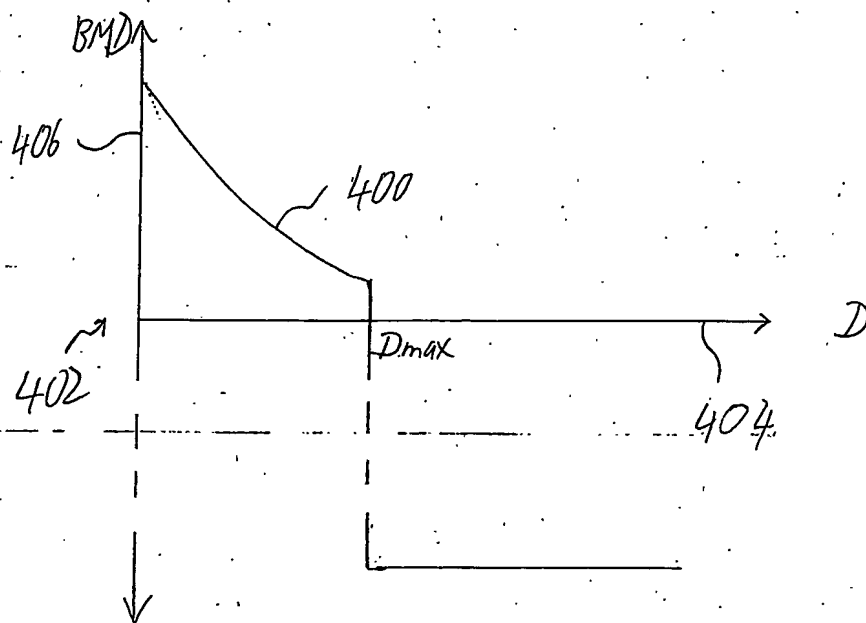


Fig. 4

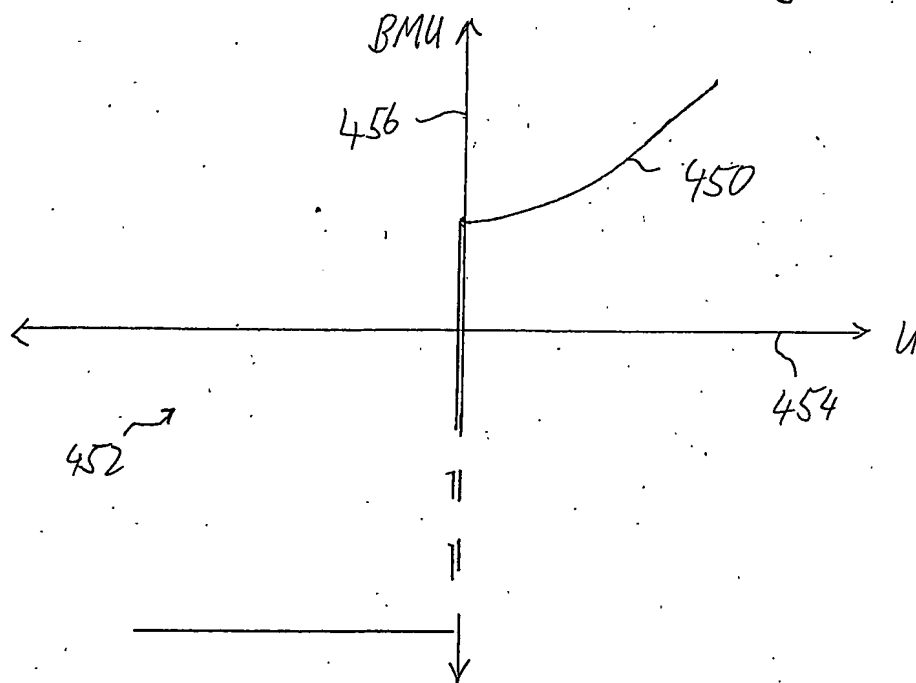


Fig. 5

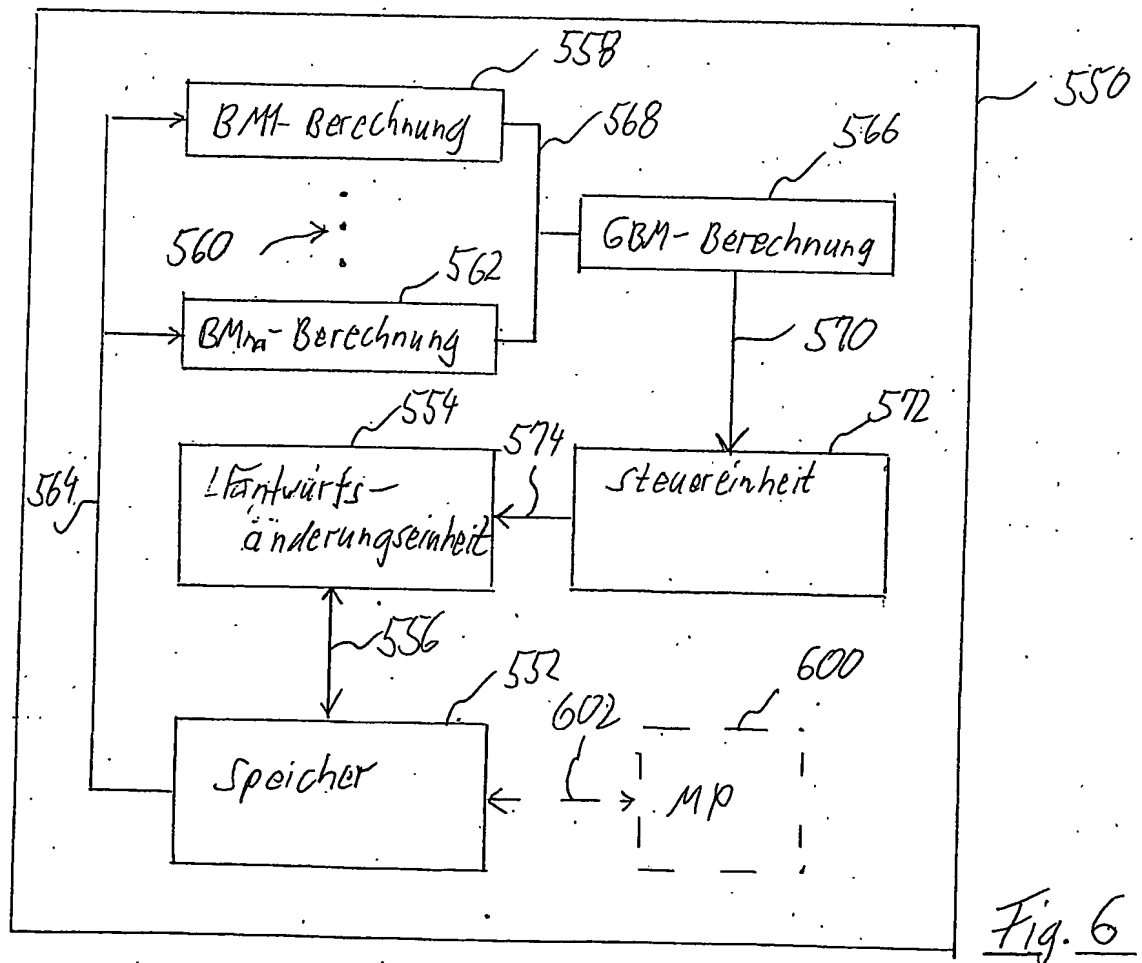


Fig. 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.